

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-270544

(43)Date of publication of application : 14.10.1997

(51)Int.Cl. H01L 43/08
G11B 5/39
H01F 10/08

(21)Application number : 08- (71)Applicant : SONY CORP
077972

(22)Date of filing : 29.03.1996 (72)Inventor : MATSUZONO JUNJI

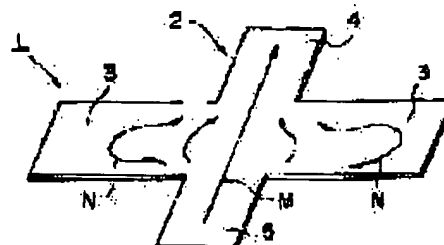
(54) MACRO-MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a high magnetic field sensitivity even at a high-current density region by forming a broader region than the reproduction track width at a sense current passage area to avoid reducing the resistance change rate depending on the sense current density.

SOLUTION: At least two soft magnetic layers and nonmagnetic conductive layers are laminated to form an area 2 to be sense current passage with a broad region 3, e.g. a central region of the length of a rectangular longitudinal current passage 2.

This passage 2 and broad region 3 are formed into specified shapes by the etching. A sense current is flowed in the length direction on this passage 2 from the front and back end electrodes connected to the front and back ends 4 and 5. The broad region 3 is formed into a rectangular laterally broad area crossing and integrated with the passage 2 and has nearly the same thickness as that of the passage 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's
decision of rejection]
[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision
of rejection or application
converted registration]
[Date of final disposal for
application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-270544

(43)公開日 平成9年(1997)10月14日

| (51)Int.Cl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|--------|---------------|--------|
| H 0 1 L 43/08 | | | H 0 1 L 43/08 | Z |
| G 1 1 B 5/39 | | | G 1 1 B 5/39 | |
| H 0 1 F 10/08 | | | H 0 1 F 10/08 | |

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平8-77972

(22)出願日 平成8年(1996)3月29日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 松岡 淳史

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

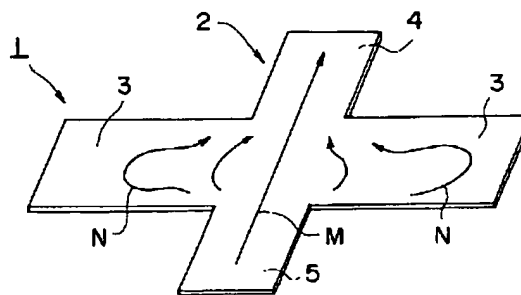
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 巨大磁気抵抗効果素子

(57)【要約】

【課題】 センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、センス電流の密度が大きい領域であっても高い磁界感度を得ることを可能とする

【解決手段】 磁気媒体平面に対して直交方向にセンス電流が流れる縦型の磁気抵抗効果素子において、少なくとも2層以上の軟磁性層と非磁性導電層とが多層に積層されてなり、センス電流の電流経路となる領域2に幅広い領域3を有する。



第1の実施の形態GMR素子の斜視図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2層以上の軟磁性層と非磁性導電層とが多層に積層されてなり、センス電流の電流経路となる領域に再生トラック幅よりも幅広な領域を有することを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 センス電流の電流経路となる領域の感磁部長が $0\mu\text{m}$ より大きく $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載の巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 軟磁性層と非磁性導電層とを多層に積層してなる素子部材と、この素子部材のセンス電流の電流経路となる領域に接触した導電部材とを備え、上記導電部材は、素子部材のセンス電流の電流経路となる領域より幅広に形成されていることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 上記素子部材は、センス電流の電流経路となる領域に幅広な領域を有し、上記導電部材は、素子部材の幅広な領域に設けられたことを特徴とする請求項3に記載の巨大磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 導電部材は、磁性材料により形成されたことを特徴とする請求項3に記載の巨大磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度の磁気記録装置に内蔵された薄膜磁気ヘッド及び高感度磁気センサー等に用いられる巨大磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】ハードディスクドライブ等の磁気記憶装置の面記録密度をより高めるために、磁界感度の高い磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッドが実用化されており、その有効性が確かめられている。

【0003】実用されている磁気抵抗効果素子は、異方性磁気抵抗効果と呼ばれる効果に基づいており、一般に2%程度の抵抗変化率を示す。一方で、巨大磁気抵抗効果と呼ばれる全く異なる原理に基づいて5%以上の抵抗変化率を示す素子が種々の構成で提案されている。

【0004】この巨大磁気抵抗効果を利用した素子（以下、MR素子という。）を用いて、従来の異方性磁気抵抗効果を使ったものより更に大きな磁界感度を有する薄膜磁気ヘッドを実現するための研究も盛んに行われている。

【0005】巨大磁気抵抗効果は、Cu、Ag等からなる非磁性導電層によって適当な距離だけ隔てられた磁性層間の磁気モーメントであるスピン間の角度が変化することによって発生する。その抵抗変化量は、スピン間の角度を θ とすれば $\cos\theta$ に比例する。従って、巨大磁気抵抗効果を発現するためには、隣接する磁性層のスピン

ン同士が外部磁界に対して異なった動きをして、角度変化を生じる必要がある。

【0006】MR素子の膜構成には、隣接スピン間に角度変化を生じさせるメカニズムに対応して、大きく分けて例えば結合型の多層膜、誘導フェリ型の多層膜及びスピンバルブ膜の三つの種類がある。

【0007】結合型の多層膜では、磁性層間の交換結合力を負にすることによって、磁性層が反強磁性的に配列する状態にされている。したがって、この結合型の多層膜では、磁性層のスビンの向きが交互にそれぞれ 180° 逆方向の状態とされている。

【0008】誘導フェリ型の多層膜は、硬磁性層と軟磁性層とが交互に積層されている。この誘導フェリ型の多層膜では、軟磁性層のみが外部磁界に応答する状態にされている。

【0009】スピンバルブ膜は、非磁性導電層を挟んで磁性層が2層に配置されている。このスピンバルブ膜では、硬磁性層もしくは反強磁性層の交換バイアス磁界によって一方の磁性層にピンニングされた軟磁性層を用いて他方の磁性層のみが外部磁界に応答する状態にされている。

【0010】これらのうち、結合型の多層膜及び誘導フェリ型の多層膜では、シート形状で10%以下の大きい抵抗変化率を得ることができる。

【0011】しかしながら、これら結合型の多層膜及び誘導フェリ型の多層膜では、素子形状で高電流密度下ではセンス電流から発生する磁界によって隣接するスビンの向きが揃ってしまうために、抵抗変化率が低下するという問題点があった。

【0012】これに対してスピンバルブ膜は、シート形状で4%以下の抵抗変化率を示し、結合型の多層膜及び誘導フェリ型の多層膜の抵抗変化率に比較して小さい。

【0013】しかしながら、スピンバルブ膜は、外部磁界に応答する磁性層（以下、自由層という。）が一層のみであるため、磁化が固定された層（以下、固定層という。）からの反磁界と、センス電流による電流磁界（self field）等とを相殺させて、適当なバイアス点、即ち、固定層のスピンと自由層のスピンが直交する状態に保持することができる。このため、スピンバルブ膜は、高電流密度下でも抵抗変化率が低下せずに自己バイアスもかかるように設計することができる。

【0014】このような理由から、実際に素子レベルでの試作研究が行われている。そして、スピンバルブ膜だけが、現状で実用になり得るとされている。結合型の多層膜及び誘導フェリ型の多層膜では、現状で実用になり得る例が報告されていない。

【0015】ところで、スピンバルブ膜は、上述した以外にも、多数試作され発表されている。そして、これらスピンバルブ膜は、いずれもがセンス電流を磁気媒体平面に対して平行方向に流す、いわゆる横型の磁気抵抗効

果素子である。

【0016】これに対して、異方性磁気抵抗効果を用いた磁気抵抗効果型ヘッドには、センス電流を磁気媒体平面に対して略直交方向に流す、いわゆる縦型のMR素子が研究されている。

【0017】この縦型のMR素子は、横型の磁気抵抗効果素子と異なり一定電流密度下でトラック幅を減少しても出力が一定であるため、狭トラック化の際に横型の磁気抵抗効果素子よりも相対的に高出力となるといった長所がある。

【0018】また、縦型のMR素子は、磁気記録媒体に対する媒体対向面であるABS (Air Bearing Surface) に配置されている全ての導電部材を同一電位にすることができるため、静電破壊に対して強いといった長所がある。

【0019】さらにまた、縦型の磁気抵抗効果素子は、センス電流磁界によって、容易軸方向に安定化されるため、磁区安定化膜が不要であるといった長所がある。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、結合型の多層膜及び誘導フェリ型多層膜は、抵抗変化率が大きくとれ、飽和磁界を小さくすることができるため、シート形状での磁界感度を大きくすることができる。

【0021】しかしながら、この結合型の多層膜及び誘導フェリ型多層膜は、素子形状で高い電流密度の領域で動作させた場合に抵抗変化率が低下するため、磁界感度が小さくなるといった問題点が生じる。

【0022】この問題点が生じることの理由は、センス電流によって発生する自己磁界の影響で隣接スピンの方向が略平行となり、これら隣接する二つのスピンの応答する角度の向きがほぼ同じとなるので、隣接スピン間の角度変化が小さくなるためである。

【0023】そこで、本発明は、センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、センス電流の密度が高い領域であっても高い磁界感度を得ることを可能とする巨大磁気抵抗効果素子を提供することを目的に提案されたものである。

【0024】

【課題を解決するための手段】この目的を達成した本発明に係る巨大磁気抵抗効果素子は、磁気媒体平面に対して直交方向にセンス電流が流れる縦型の磁気抵抗効果素子である。この巨大磁気抵抗効果素子は、少なくとも2層以上の軟磁性層と非磁性導電層とが多層に積層され、センス電流の電流経路となる領域に幅広い領域を有する。

【0025】以上のように構成された本発明に係る巨大磁気抵抗効果素子では、電流経路の領域にセンス電流が流され、幅広い領域にもセンス電流が流される。この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広い領域を流れるセンス電流の密度が低下するため、センス電流により生じる電流

磁界が小さくなる。このため、この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広い領域に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなる。したがって、この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広い領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0026】そして、この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広い領域に位置する各磁性層が、電流経路の幅広い領域を除く領域に位置する各磁性層と面内で強磁性結合をしている。このため、この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広い領域に位置して反強磁性的な配置に保持された各磁性層のスピンの影響により、電流経路の領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0027】また、この目的を達成した本発明に係る他の巨大磁気抵抗効果素子は、磁気媒体平面に対して直交方向にセンス電流が流れる縦型磁気抵抗効果素子である。この巨大磁気抵抗効果素子は、軟磁性層と非磁性導電層とを多層に積層してなる素子部材と、この素子部材のセンス電流の電流経路となる領域に接触した導電部材とを備えている。上記導電部材は、素子部材のセンス電流の電流経路となる領域より幅広く形成されている。

【0028】以上のように構成された本発明に係る巨大磁気抵抗効果素子では、素子部材にセンス電流が流され、導電部材にもセンス電流が流される。この巨大磁気抵抗効果素子では、素子部材において導電部材と接続されている領域を流れるセンス電流の密度が低下するため、センス電流により生じる電流磁界が小さくなる。このため、この巨大磁気抵抗効果素子では、素子部材において導電部材と接続されている領域に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなる。したがって、この巨大磁気抵抗効果素子では、素子部材において導電部材と接続されている領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0029】そして、この巨大磁気抵抗効果素子は、素子部材において導電部材と接続されている領域に位置する各磁性層が、素子部材において導電部材と接続されている領域を除く領域に位置する各磁性層と面内で強磁性結合をしている。このため、この巨大磁気抵抗効果素子では、素子部材において導電部材と接続されている領域に位置して反強磁性的な配置に保持された各磁性層のスピンの影響により、素子部材において導電部材と接続されている領域を除く領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態について、図1乃至図10の図面を参照して詳細に説明する。本発明の第1の実施の形態として示す巨大磁気抵抗効果素子（以下、GMR素子という。）1は、実際の応用に際して、センス電流を流すために先端部4及び後端部5に先端電極及び後端電極がそれぞれ配置されている。また、GMR素子1は、線密度方向の分解能が得

られるように上下シールド磁性体のギャップ部に素子全体が配置されている。

【0031】本発明の第1の実施の形態として示すGMR素子1は、図1に示すように、少なくとも2層以上の軟磁性層と非磁性導電層とが多層に積層されて構成されている。このGMR素子1は、縦長矩形形状の電流経路部2の長手方向の中央領域が幅広部3とされている。電流経路部2及び幅広部3は、エッチングにより所定形状に形成されている。この電流経路部2には、先端部4及び後端部5にそれぞれ接続された先端電極及び後端電極により、長手方向にセンス電流が流される。

【0032】幅広部3は、電流経路部2に対して直交した状態に一体に突出された横長矩形形状とされている。この幅広部3は、電流経路部2の厚さ寸法と略々等しい厚さ寸法を有している。また、この幅広部3は、電流経路部2の幅寸法より大とされた幅寸法を有している。さらに、この幅広部3は、電流経路部2の長さ寸法より小とされた長さ寸法を有している。

【0033】以上のように構成された第1の実施の形態GMR素子1は、先端電極及び後端電極により、図1に矢印Mで示す方向に電流経路部2の後端部5から先端部4へとセンス電流が流されるとともに、図1中に矢印Nで示すように、幅広部3にもセンス電流が流される。このとき、GMR素子1では、電流経路部2の幅広部3を流れるセンス電流の密度が低下するため、センス電流により生じる電流磁界が小さくなる。このため、GMR素子1では、電流経路部2の幅広部3に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなる。したがって、このGMR素子1では、電流経路部2の幅広部3に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0034】また、幅広部3では、幅寸法を十分に広くした場合に、この両端部に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなることが一層顕著となる。このため、この幅広部3では、両端部に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0035】そして、このGMR素子1は、電流経路部2の幅広部3に位置する各磁性層が、電流経路部2の先端部4及び後端部5に位置する各磁性層と面内で強磁性結合をしている。このため、このGMR素子1では、幅広部3に位置して反強磁性的な配置に保持された各磁性層のスピンの影響により、電流経路部2の先端部4及び後端部5に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0036】さらに、このGMR素子1は、電流経路部2の先端部4及び後端部5に先端電極及び後端電極が接続された場合に、電流経路部2の先端部4と後端部5との電極が接続された領域を流れるセンス電流の密度が低下する。したがって、電流経路部2の先端部4及び後端部5の電極が接続された領域においては、センス電流により生じる電流磁界が小さくなる。このため、このGM

R素子1は、これら先端部4及び後端部5の電極が接続された領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0037】したがって、上述した第1の実施の形態GMR素子1では、電流経路部2に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持されるため、この各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることが防止される。

【0038】また、このGMR素子1では、電流経路部2の幅広部3が、電流経路部2を流れるセンス電流の密度を低下させ、センス電流により生じる熱の発生を防止する。さらに、このGMR素子1では、電流経路部2に位置する各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることが防止される。

【0039】このため、このGMR素子1では、電流経路部2において先端部4と後端部5との間の領域である感磁部で、センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、高い磁界感度を得ることができる。

【0040】さらに、このGMR素子1では、電流経路部2の感磁部の長さである感磁部長が短く、センス電流の密度が低い先端部4と後端部5とが近傍に位置する場合に、電流経路部2に幅広部3を設けたとしてもこの感磁部の領域でセンス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができる。したがって、このMR素子では、センス電流の密度が高い領域であっても高い磁界感度を得ることができる。

【0041】特に、このGMR素子1は、図2に示すように、感磁部長が0 μ mより大きく2 μ m以下の範囲にある場合に、各磁性層間における反強磁性結合が破壊しない範囲のセンス電流の密度において、抵抗変化率の低下を防止することができる。

【0042】また、第1の実施の形態GMR素子1は、電流経路部2の長手方向の中央領域の一部が幅広部3とされているが、図3に示すように、感磁部長に応じて電流経路部2の複数箇所が幅広部6とされても良い。

【0043】本発明の第2の実施の形態として示すGMR素子10は、図4に示すように、縦長矩形形状の素子部材11と、この素子部材11上に設けられた横長矩形形状の導電部材12とを備えている。素子部材11及び導電部材12は、エッチングによりそれぞれ所定形状に形成されている。

【0044】この素子部材11は、少なくとも2層以上の軟磁性層と非磁性導電層とが多層に積層されて構成されている。この素子部材11には、先端部13及び後端部14にそれぞれ接続された先端電極及び後端電極により、長手方向にセンス電流が流される。

【0045】この導電部材12は、素子部材11に対して直交した状態に電気的に接続されている。この導電部材12は、素子部材11の厚さ寸法の10倍程度とされ

た厚さ寸法を有している。この導電部材12の厚さ寸法は、素子部材11の後端部14に接続される後端電極の厚さ寸法と略等しいとされている。また、この導電部材12は、素子部材11の幅寸法より大とされた幅寸法を有している。さらに、この導電部材12は、素子部材11の長さ寸法より小とされた長さ寸法を有している。

【0046】以上のように構成された第2の実施の形態GMR素子10は、先端電極及び後端電極により、図4中に矢印Mで示す方向に、素子部材11の後端部14から先端部13へとセンス電流が流されるとともに、図4中に矢印Nで示す方向に、導電部材12にもセンス電流が流される。このとき、GMR素子10では、素子部材11において導電部材12と接続されている領域を流れるセンス電流の密度が低下するため、センス電流により生じる電流磁界がより小さくなる。このため、GMR素子10では、素子部材11において導電部材12と接続されている領域に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなる。したがって、このGMR素子10では、素子部材11において導電部材12と接続されている領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0047】そして、このGMR素子10は、素子部材11において導電部材12と接続されている領域に位置する各磁性層が、素子部材11の先端部13及び後端部14に位置する各磁性層と強磁性結合をしている。このため、このGMR素子10では、素子部材11において導電部材12と接続されている領域に位置して反強磁性的な配置に保持された各磁性層のスピンの影響により、素子部材11の先端部13及び後端部14に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0048】さらに、このGMR素子10は、素子部材11の先端部13及び後端部14に先端電極及び後端電極が接続された場合に、素子部材11の先端部13と後端部14との電極が接続された領域をそれぞれ流れるセンス電流の密度が低下する。したがって、素子部材11の先端部13及び後端部14においては、センス電流により生じる電流磁界が小さくなる。このため、このGMR素子10は、これら先端部13及び後端部14の電極が接続されて領域に位置する磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0049】したがって、上述した第2の実施の形態GMR素子10では、素子部材11に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持されるため、この各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることが防止される。

【0050】また、このGMR素子10では、導電部材12にセンス電流が流れるため、素子部材11が放熱効果を生じる。さらに、このGMR素子10では、素子部材11に位置する各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0051】したがって、このGMR素子10では、素子部材11において先端部13と後端部14との間の領域である感磁部で、センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、高い磁界感度を得ることができる。

【0052】さらに、このGMR素子10では、素子部材11の感磁部の長さである感磁部長が短く、センス電流の密度が低い先端部13と後端部14とが近傍に位置する場合に、この感磁部の領域でセンス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができる。したがって、このMR素子では、センス電流の密度が高い領域であっても高い磁界感度を得ることができる。

【0053】また、第2の実施の形態GMR素子10は、図5に示すように、導電部材12が非磁性導電材料の他、軟磁性導電材料等の磁性導電材料により形成されても良い。このとき、このGMR素子20は、素子部材11において磁性導電部材21と接続されている領域で、抵抗変化率が低下し、検出される信号電圧の変化量が小さくなる。このため、このGMR素子20は、素子部材11において磁性導電部材21と接続されている領域が感磁部として有効に機能しなくなり、導磁路としてのみ機能する。したがって、このGMR素子20では、素子部材11において磁性導電部材21と接続されている領域が、導磁路として作用するので外部からの磁束を感磁部まで効率良く入力することができる。

【0054】この結果、例えば、巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、GMRヘッドという。）に備えられた場合に、磁気媒体からの磁束を感磁部まで効率良く入力することができるため、より大きな再生出力を得るように作用することができる。

【0055】また、第2の実施の形態GMR素子10は、図6に示すように、素子部材11と導電部材12との間に位置して、導電部材12と略々同形状の絶縁膜31を設けても良い。このGMR素子30では、絶縁膜31及び導電部材12にセンス電流が流れるため、素子部材11が放熱効果を生じる。このため、GMR素子10は、素子部材11に位置する各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることが防止される。

【0056】本発明の第3の実施の形態として示すGMR素子40は、図7に示すように、略十字状の素子部材41と、この素子部材41上に設けられた横長矩形状の導電部材42とを備えている。素子部材41及び導電部材42は、エッチングによりそれぞれ所定形状に形成されている。

【0057】素子部材41は、少なくとも2層以上の軟磁性層と非磁性導電層とが多層に積層されて構成されている。このGMR素子40は、縦長矩形状の電流経路部43の長手方向の中央領域が幅広部44とされている。この電流経路部43には、先端部45及び後端部46にそれぞれ接続された先端電極及び後端電極により、長手

方向にセンス電流が流される。

【0058】幅広部44は、電流経路部43に対して直交した状態に一体に突出された横長矩形状とされている。この幅広部44は、電流経路部43の厚さ寸法と略々等しい厚さ寸法を有している。また、この幅広部44は、電流経路部43の幅寸法より大とされた幅寸法を有している。さらに、この幅広部44は、電流経路部43の長さ寸法より小とされた長さ寸法を有している。

【0059】導電部材42は、素子部材41の幅広部44の領域に位置して電気的に接続されている。この導電部材42は、素子部材41の幅広部44と略々同形状に形成されている。

【0060】この導電部材42は、素子部材41の厚さ寸法の10倍程度とされた厚さ寸法を有している。この導電部材42の厚さ寸法は、素子部材41の後端部46に接続される後端電極の厚さ寸法と略々等しいとされている。また、この導電部材42は、素子部材41の幅広部44の幅寸法と略々等しい幅寸法を有している。さらに、この導電部材42は、素子部材41の電流経路部43の長さ寸法より小とされた長さ寸法を有している。

【0061】以上のように構成された第3の実施の形態GMR素子40は、先端電極及び後端電極により、図7中に矢印Mで示す方向に、素子部材41の電流経路部43の後端部46から先端部45へとセンス電流が流されるとともに、図7中に矢印Nで示す方向に、素子部材41の幅広部44や導電部材42にもセンス電流が流される。このとき、GMR素子40では、素子部材41において導電部材42と接続されている幅広部44を流れるセンス電流の密度が低下するため、センス電流により生じる電流磁界が小さくなる。このため、GMR素子40では、素子部材41の幅広部44に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなる。したがって、このGMR素子40では、素子部材41において導電部材42と接続されている幅広部44に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0062】また、素子部材41では、幅広部44の幅寸法を十分に広くした場合に、この幅広部44の両端部に位置する各磁性層の隣接スピンの略平行に揃い難くなることが一層顕著となる。このため、この素子部材41の幅広部44では、両端部に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0063】そして、このGMR素子40は、素子部材41において導電部材42と接続されている幅広部44に位置する各磁性層が、素子部材41の先端部45及び後端部46に位置する各磁性層と面内で強磁性結合をしている。このため、このGMR素子40では、素子部材41において導電部材42と接続されている幅広部44に位置して反強磁性的な配置に保持された各磁性層のスピンの影響により、素子部材41の先端部45及び後端部46に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置

に保持される。

【0064】さらに、このGMR素子40は、素子部材41の先端部45及び後端部46に先端電極及び後端電極が接続された場合に、素子部材41の先端部45と後端部46との電極が接続された領域を流れるセンス電流の密度が低下する。したがって、素子部材41の先端部45及び後端部46の電極が接続された領域においては、センス電流により生じる電流磁界が小さくなる。このため、このGMR素子40は、素子部材41の先端部45及び後端部46の電極が接続された領域に位置する磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持される。

【0065】したがって、上述した第3の実施の形態GMR素子40では、素子部材41に位置する各磁性層のスピンの反強磁性的な配置に保持されるため、この各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0066】また、このGMR素子40では、導電部材42が、素子部材41を流れるセンス電流の密度を低下させ、センス電流により生じる熱の発生を防止する。また、このGMR素子40では、導電部材42にセンス電流が流れるため、素子部材41が放熱効果を生じる。このため、このGMR素子40では、素子部材41に位置する各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0067】したがって、このGMR素子40では、素子部材41において先端部45と後端部46との間の領域である感磁部で、センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、高い磁界感度を得ることができる。

【0068】さらに、このGMR素子40では、素子部材41の感磁部の長さである感磁部長が短く、センス電流の密度が低い先端部45と後端部46とが近傍に位置する場合に、この感磁部の領域でセンス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができる。したがって、このMR素子では、センス電流の密度が高い領域であっても高い磁界感度を得ることができる。

【0069】また、第3の実施の形態GMR素子40は、図8に示すように、導電部材42が非磁性導電材料の他、軟磁性材料等の磁性導電材料により形成されても良い。このとき、このGMR素子50は、素子部材41において磁性導電部材51と接続されている領域で、抵抗変化率が低下し、検出される信号電圧の変化量が小さくなる。このため、このGMR素子50は、素子部材41において磁性導電部材51と接続されている領域が感磁部として有効に機能しなくなり、導磁路としてのみ機能する。したがって、このGMR素子50では、素子部材41において磁性導電部材51と接続されている領域が、導磁路として作用するので外部からの磁束を感磁部まで効率良く入力することができる。

【0070】この結果、このGMR素子50は、例え

ば、巨大磁気抵抗効果型磁気ヘッドに備えられた場合に、磁気媒体からの磁束を感磁部まで効率良く入力することができるため、より大きな再生出力を得るように作用することができる。

【0071】また、第3の実施の形態GMR素子40は、図9に示すように、素子部材41において電流経路部43を除く幅広部44に対応して2箇所に対の導電部材61、61を設けても良い。このGMR素子60では、一对の導電部材61、61が、素子部材41を流れるセンス電流の密度を低下させ、センス電流により生じる熱の発生を防止する。また、このGMR素子60では、導電部材61、61にセンス電流が流れるため、素子部材41が放熱効果を生じる。このため、GMR素子60は、素子部材41の各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0072】さらに、第3の実施の形態GMR素子40は、素子部材41の長手方向の中央領域の一部が幅広部44とされているが、図10に示すように、感磁部長に応じた素子部材41の複数箇所が幅広部47とされても良い。

【0073】上述した実施の形態GMR素子を備えたGMRヘッド70の製造方法の一例について、図11の図面を参照して詳細に説明する。このGMRヘッド70を製造する製造方法は、まず、非磁性基板上に下部磁性層71を積層する。次に、これら下部磁性層71上にスパッタリングにより下部絶縁層72を積層する。下部絶縁層72上にGMR膜をスパッタリング装置、蒸着装置、イオンビームスパッタリング装置、或いは分子ビームスパッタリング装置等を用いて成膜する。そして、このGMR膜の表面にフォトリソグ

ラフィ手法により所定形状のレジストマスクを形成する。そして、エッチング装置を用いて、このレジストマスクに形成されたパターンに倣ってイオンミリングによりGMR膜を所定の平面形状に形成し、GMR素子73とする。このとき、第1の実施の形態又は第3の実施の形態のGMR素子を適用するときには、幅広部を有する形状に形成される。

【0074】また、下部絶縁層72及びGMR素子73上にスパッタリングによりSiO₂等の中間絶縁層74を0.3μm程度に積層する。次に、中間絶縁層74に、反応性イオンエッチング装置を用いてエッチングにより、GMR素子73の後端部73Bが露出する接続孔を設ける。GMR素子73は、中間絶縁層74に対してエッチングレートが低い条件で、接続孔が設けられたときでも厚さ寸法が確保される。

【0075】このとき、第2の実施の形態又は第3の実施の形態のGMR素子を適用するときには、中間絶縁層74に、導電部材及び磁性導電部材とGMR素子73との電気的接続する接続開口部も設ける。そして、これら接続開口部を通じてGMR素子73と電気的に接続する

ように、Cu等の非磁性導電材料やパーロマイ等の軟磁性導電材料を0.2μm程度に積層する。この導電材料をエッチングにより所定形状に形成する。

【0076】このとき、第3の実施の形態GMR素子においては、この導電材料をエッチングにより所定形状に形成して後端電極75、導電部及び磁性導電部とする。

【0077】また、中間絶縁層74上にスパッタリングによりCu等の導電材料を0.3μm程度に積層する。この導電材料をエッチングにより所定形状に形成してバイアス導体76とする。次に、これら後端電極75及びバイアス導体76上にスパッタリングによりエッチングレートの大きいSiO₂等の上部絶縁層77を0.3μm程度に積層する。

【0078】次に、この上部絶縁層77の先端側の表面にフォトリソグ

ラフィ手法により所定形状のレジストマスクを形成する。そして、このレジストマスクに形成されたパターンに倣って反応性イオンエッチング装置を用いてエッチングにより、上部絶縁層77の先端側をテーパ状に形成し、GMR素子73の先端部73Aが露出する接続孔を設ける。

【0079】その後、上部絶縁層77及び中間絶縁層74上にスパッタリングによりTi等の導電材料を積層する。そして、導電材料をエッチングにより所定形状に形成して先端電極78とする。次に、この先端電極78上に上部磁性層79を積層し、この上部磁性層79上に記録用のインダクティブヘッド80、保護層を順次に積層する。以上の工程の後、所定形状に切り出すことによって、GMRヘッド70が完成する。

【0080】

【発明の効果】本発明に係る巨大磁気抵抗効果素子によれば、電流経路の領域に位置する各磁性層のスピンの反強磁性な配置に保持されるため、この各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0081】また、この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広な領域が、電流経路の領域を流れるセンス電流の密度を低下させ、センス電流により生じる熱の発生を防止する。さらに、この巨大磁気抵抗効果素子では、幅広な領域により放熱効果を生じるため、電流経路の領域に位置する各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0082】したがって、この巨大磁気抵抗効果素子では、電流経路の領域で、センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、高い磁界感度を得ることができる。

【0083】また、本発明に係る巨大磁気抵抗効果素子によれば、素子部材に位置する各磁性層のスピンの反強磁性な配置に保持されるため、この各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0084】また、この巨大磁気抵抗効果素子では、導電部材が、素子部材を流れるセンス電流の密度を低下

13

せ、センス電流により生じる熱の発生を防止する。さらに、この巨大磁気抵抗効果素子では、導電部材により放熱効果を生じるため、素子部材に位置する各磁性層間における反強磁性結合が破壊されることから防止される。

【0085】したがって、この巨大磁気抵抗効果素子では、素子部材の領域で、センス電流の密度に依存する抵抗変化率の低下を防止することができ、高い磁界感度を得ることができる。

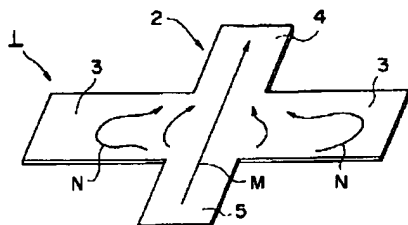
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施の形態GMR素子を示す斜視図である。

【図2】各感磁部長におけるセンス電流の密度に対する抵抗変化率を示す特性図である。

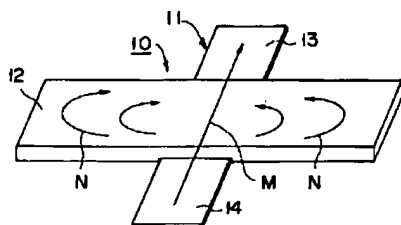
【図3】同GMR素子の変形例を示す斜視図である。 *

【図1】



第1の実施の形態GMR素子の斜視図

【図4】



第2の実施の形態GMR素子の斜視図

14

* 【図4】本発明に係る第2の実施の形態GMR素子を示す斜視図である。

【図5】同GMR素子の変形例を示す斜視図である。

【図6】同GMR素子の変形例を示す斜視図である。

【図7】本発明に係る第3の実施の形態GMR素子を示す斜視図である。

【図8】同GMR素子の変形例を示す斜視図である。

【図9】同GMR素子の変形例を示す斜視図である。

【図10】同GMR素子の変形例を示す斜視図である。

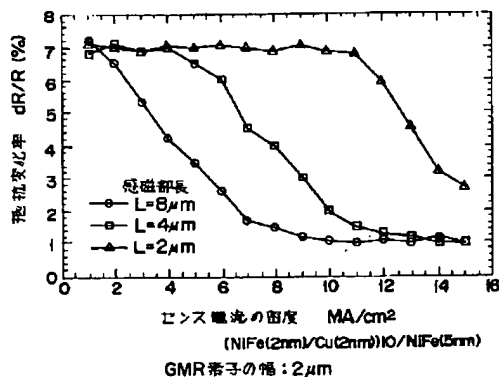
【図11】上記各GMR素子を備えたGMRヘッドを示す要部断面図である。

【符号の説明】

1 GMR素子、 2 電流経路部、 3 幅広部、

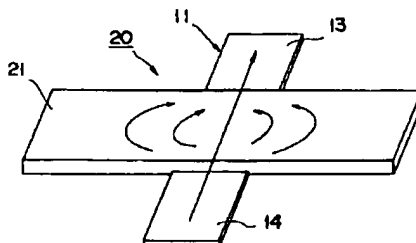
10 GMR素子、 11 素子部材、 12 導電部材

【図2】



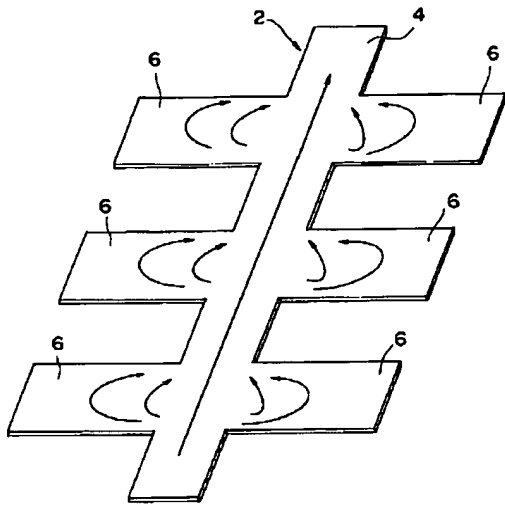
各感磁部長におけるセンス電流の密度に対する抵抗変化率を示す特性図

【図5】



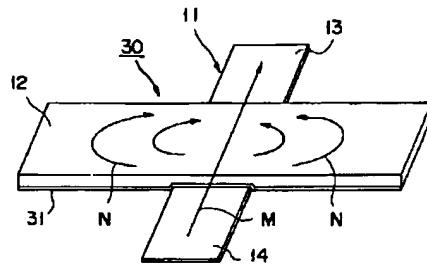
第2の実施の形態GMR素子の変形例を示す斜視図

【図3】



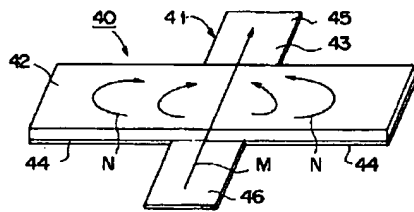
第1の実施の形態GMR素子の変形例を示す斜視図

【図6】



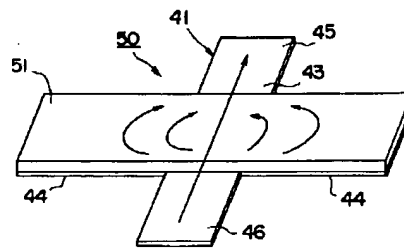
第2の実施の形態GMR素子の変形例を示す斜視図

【図7】



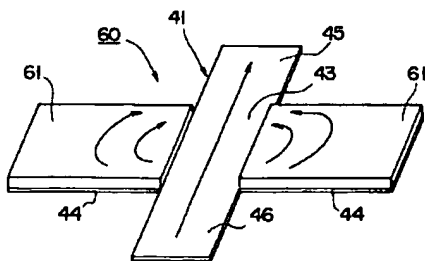
第3の実施の形態GMR素子の斜視図

【図8】



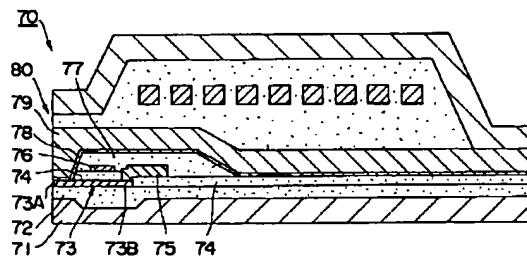
第3の実施の形態GMR素子の変形例を示す斜視図

【図9】



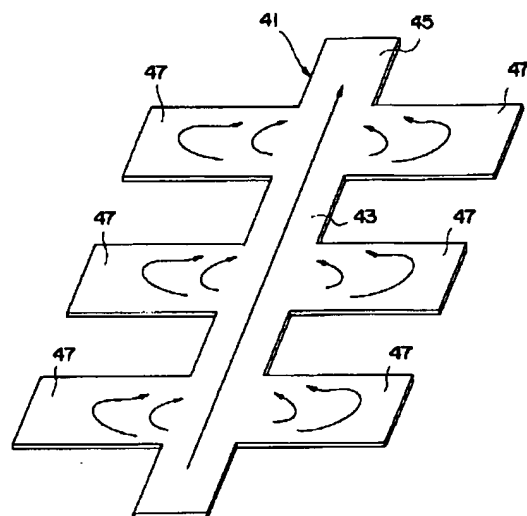
第3の実施の形態GMR素子の変形例を示す斜視図

【図11】



GMR素子を備えたGMRヘッドの斜視断面図

【図10】



第3の実施の形態GMR素子の変形例を示す斜視図